



“VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL DE UNA VÁLVULA REGULADORA DE CAUDAL EN SILICIO UTILIZANDO TECNOLOGÍA MEMS”

**ADRIÁN ESTEBAN RIVEROS OLMEDO
INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA**

RESUMEN

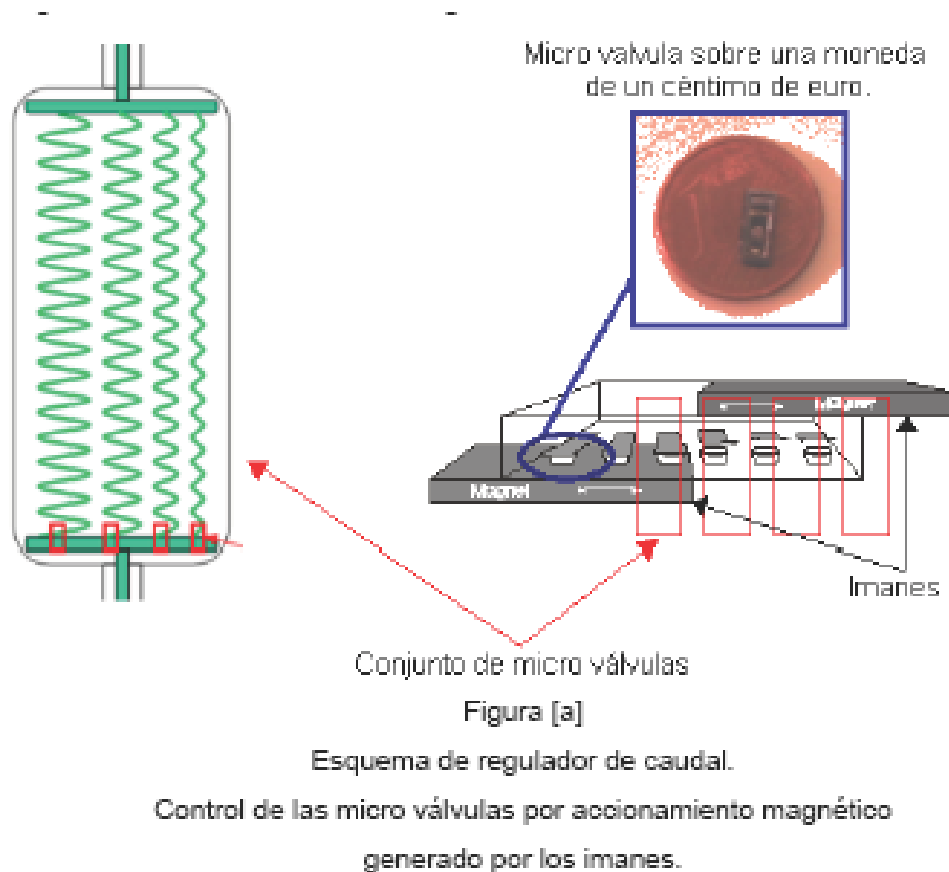
Actualmente para tratamientos sanitarios dónde se requiere el suministro de medicación intravenosa, se utilizan sistemas de dosificación que basan su funcionamiento en la aplicación de presión al fluido por medio de una membrana de látex (aplicaciones in situ) o por gravedad (aplicaciones fijas). En ambas situaciones, dada una fuente de presión, el caudal es regulado mediante una resistencia fluídica. En base a este sistema de funcionamiento, para cada caudal se requiere una resistencia fluídica específica.

En respuesta a la necesidad de obtener un sistema que permita controlar un rango concreto de caudales mediante una resistencia fluídica variable, en este proyecto se presenta un sistema innovador que regula el caudal de forma “mecánica” y que es accionado magnéticamente. La estructura del regulador está formada por varias resistencias fluídicas dónde cada una en su extremo tiene una micro válvula magnética, que presenta un comportamiento on/off. De acuerdo al grado de interacción magnética a la que se encuentra sometida la micro válvula, es decir, respecto a la posición del imán, esta se abre o se cierra, activando o no, la resistencia fluídica. De esta manera; variando la excitación magnética de las micro válvula se obtiene una combinación concreta de resistencias fluídicas en paralelo que permiten regular el caudal de manera precisa.

El trabajo se concentra en la caracterización de una micro válvula aislada. Una vez conocido el comportamiento estructural, magnético y fluídico de una sola micro válvula se realiza el primer paso hacia la obtención del regulador de flujo

variable. Regulador que ha encargado la empresa Leventon S.A. al Centro Nacional de Microelectrónica de Barcelona.

A continuación se presenta esquemáticamente, figura [a], el concepto del regulador de caudal, de acción magnética



Una micro válvula consta de una capa de silicio y una segunda capa de un material ferromagnético blando, aleación de Co-Ni. La micro válvula tipo cantilever actúa como una viga en voladizo que en función del sentido de la interacción magnética, disposición del imán; esta interacción magnética entre el material ferromagnético y el imán define su comportamiento, obstruyendo o permitiendo el flujo de caudal a través de un orificio dispuesto en la tapa inferior.

De esta manera se consigue un comportamiento abierto-cerrado o on/off. Además, el diseño estructural permite un funcionamiento tipo check-vale, lo que impide que el fluido suministrado cambie de sentido, lo que puede provocar daños en el paciente.

El control de la micro válvula es fruto de un campo magnético externo, provocado por un imán permanente, de forma que se evita que aparezcan posibles contaminaciones, dado que el fluido a dosificar, no entra en contacto con el sistema de control. De esta forma se realiza un control sencillo, robusto, que no implica complejidad de uso por parte del personal sanitario.

La micro válvula consta de dos partes claramente diferenciadas: la tapa superior y la tapa inferior. Las cuales posteriormente se unen para formar la micro válvula.

Las dos tapas se construyen a partir de una oblea de silicio mecanizada mediante una combinación de ataques químicos y ataque por plasma (RIE).

Posteriormente, en la tapa superior, sobre la capa de silicio se adhiere por electro deposición la capa de material ferromagnético de Co-Ni.

Con el fin de caracterizar el comportamiento de la micro válvula se abordó este proyecto por tres vías complementarias; la primera, la caracterización del prototipo de acuerdo a las áreas de estudio que abarca, fluídico, magnético y estructural; la segunda, realizando diversos ensayos experimentales de acuerdo a su funcionamiento, y la tercera, diseño de una simulación magnético-estructural del prototipo utilizando el método de elementos finitos con el software ANSYS versión 10.0 y 9.0.

Nomenclatura

Comportamiento Fluídico

n_K : Numero de Knudsen

m : Caudal másico

$2A$: Sección del orificio de la tapa inferior

$2P$: Presión a la entrada de la micro válvula

$2P$: Presión a la salida de la micro válvula

1ρ : Densidad del flujo a la entrada de la micro válvula

R : Constante de los gases

T : Temperatura

k : Coeficiente de transmisión de calor o exponente adiabático

Q : Caudal

A : Sección o área transversal del orificio

ΔP : Diferencia de presiones

λ : Longitud del camino libre promedio molecular

L : Escala de longitud física representativa

Bk : Constantes de Boltzman

n : Número de moléculas por unidad de volúmenes

σ : Diámetro molecular.

Re : Número de Reynolds

M : Número de Mach

ϕ : Diámetro de salida del Flujo

$0v$: Velocidad del fluido

v : Viscosidad cinemática del fluido

c : Velocidad del sonido

μ : viscosidad dinámica de fluido

m_v

$-$: velocidad molecular esta ultima se puede dejar en función c y de k

ABSTRACT

For ambulatory treatments requiring infusing techniques, drug infusors based on elastomeric latex-free pumps are the chosen devices due to their portability (reduced size as well as minimum weight) and ability to provide continuous drug infusion under precisely controlled flow rates. Both characteristics are key for dramatically improving the patient's quality of life. Current state-of-the-art of portable drug infusors is based on the use of a single passive fluidic resistor.

Therefore, each time it is required to modify the drug dose, the fluidic resistor has to be replaced by a new one. As a response to the need of variable passive fluidic resistors for portable drug infusors, emerges this project named "Experimental verification of a regulating valve of flow intensity made of silicon utilizing technology MEMS", flow restrictors based on magnetically actuated microvalves are being developed that will allow programming and modifying the products of Dosi-fuser so as to create only one product that will replace the whole set of products Dosi-fuser.

This project focuses in the characterization of an isolated valve. A single microvalve element consists of a bi-stable element (only open/close) controlled externally by the magnetic field applied (magnets). The complete drug dose controlling system consists of a disposable part and a re-usable part, i.e. the control unit that properly applies the magnetic field required for switching the microvalve (figure a). The disposable part consists of two silicon chips. In the top chip (figure a) there is the cap of the valve that is controlled by the magnets. In the second chip (bottom part in figure a) the microfluidic channels and hole are machined.

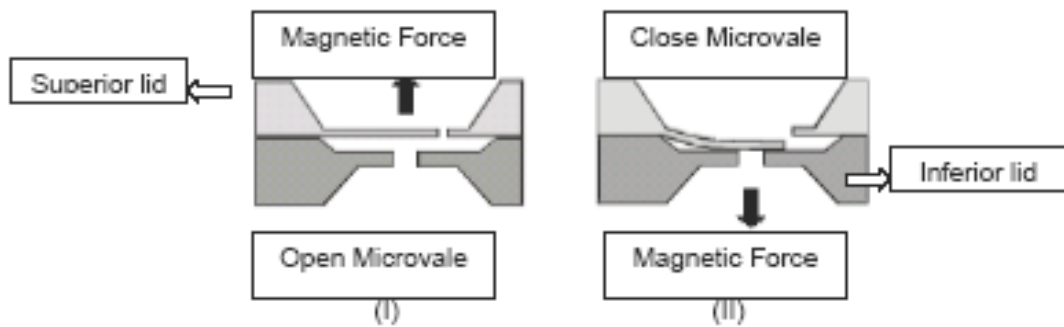


Figure [a]. Schematic cross-section of the magnetic microvalve (I) open, (II) close.

This actuating method ensures no interaction of the controlling system with the microfluidic system so that any environmental contamination is absolutely prevented, as well as the minimization of its cost. The final design of the “Microvalve magnetic actuation” flow controller for portable drug dosing is based on an array of the previous magnetic microvalves (figure b). Each microvalve actuates as an on-off fluidic switch that opens or closes its corresponding microchannels so that the drug flow can be adjusted to a range of different predetermined values (“Microvalve magnetic actuation”) by means of the number of open/closed microvalves. The main goal of the work presented here is to develop a simple, passive and disposable device that can be adjusted manually.

Finally, the flow rate can be adjusted manually (or motor-operated, if required) by simply changing the position of the external magnets, which provides the additional advantage of being operated similarly to the non-portable drug infusors currently used in hospitals, so that no additional training for using these devices is required from the hospital staff.

All these advantageous characteristics of the system make it very simple and robust, very suitable for this specific application.

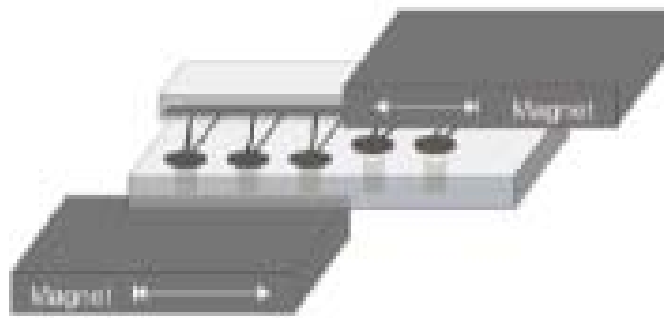


Figure [b]: Schematic of an array of magnetic microvalves to illustrate the main actuation of the flow regulator.

The microvalve consists of two clearly differentiated parts: The superior lid and the inferior lid, figure [a], which at a later time join up form the microválvula. The two lids are built starting from a wafer of silicon, once a combination of chemical attacks was mechanized intervening and attack for plasma (RIE). At a later time, in the superior lid, on the silicon cape Co-Ni cape of ferromagnetic material becomes attached for electrodeposition.

This project for three complementary manners was done with the aim of characterizing the microvalve behavior; the first, the characterization of the prototype according to the areas of study that it extends throughout, fluidic, magnetic and structural; The second one, accomplishing various experimental tests according to his functioning, and the third type, design magnetic-structural simulation of the prototype utilizing the method of little fine elements with the software ANSYS version 10,0 and 9,0.